

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 4月25日

出願番号
Application Number: 特願2003-121547
[ST. 10/C]: [JP2003-121547]

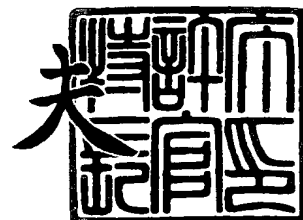
出願人
Applicant(s): セイコーエプソン株式会社



2004年 2月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3014226

【書類名】 特許願

【整理番号】 EP-0447101

【提出日】 平成15年 4月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/10

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 金子 剛

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100090479

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 井上 一

 【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090387

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 布施 行夫

 【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090398

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大淵 美千栄

 【電話番号】 03-5397-0891

**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 039491**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9402500**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ間の結合構造および結合方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の光ファイバと、
基体の上方に設けられた土台部材と、
前記土台部材の上面上に設けられ、前記複数の光ファイバの各端面と接合された結合部と、を含む、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 2】 請求項 1 において、
前記複数の光ファイバは、前記基体の上方に設けられた、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 において、
前記土台部材の上面は、平面である、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 において、
前記土台部材の上面は、曲面である、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれかにおいて、
前記土台部材の上面と、前記土台部材の側部において該上面に接する面とのなす角が鋭角である、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 のいずれかにおいて、
前記土台部材の上部は、逆テーパ状に形成されている、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 のいずれかにおいて、
前記土台部材は、前記基体と一体化して形成されている、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 のいずれかにおいて、
前記複数の光ファイバのうち少なくとも 1 つは、コアの端面のみが前記結合部に接合している、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 9】 請求項 8 において、
前記コアの端面のみが前記結合部に接合している光ファイバは、前記結合部に

近いほうの端部において、前記コアの端面の高さとクラッドの端面の高さとが異なる、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 10】 請求項 8 または 9 において、
前記端部において、前記コアは前記クラッドで覆われていない、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 11】 請求項 8 ないし 10 のいずれかにおいて、
前記端部において、前記コアと前記クラッドとで凸部が構成される、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 のいずれかにおいて、
前記結合部の屈折率は、前記複数の光ファイバのクラッドの屈折率より大きい、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 13】 請求項 1 ないし 12 のいずれかにおいて、
前記結合部の屈折率は、前記複数の光ファイバのコアの屈折率とほぼ等しい、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 14】 請求項 1 ないし 13 のいずれかにおいて、
前記端部において、前記結合部の周囲が封止材で覆われた、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 15】 請求項 14 において、
前記封止材の屈折率は、前記複数の光ファイバのコアの屈折率および前記結合部の屈折率より小さい、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 16】 請求項 14 または 15 において、
前記結合部の屈折率は、前記複数の光ファイバのコアの屈折率とほぼ等しく、
前記封止材の屈折率は、前記複数の光ファイバのクラッドの屈折率とほぼ等しい、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 17】 請求項 1 ないし 16 のいずれかにおいて、
前記結合部は、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させることにより形成された、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 18】 請求項 17 において、
前記結合部は、紫外線硬化型樹脂からなる、光ファイバ間の結合構造。

【請求項 19】 (a) 基体の上方に土台部材を形成し、
(b) 前記土台部材の上面に対して液滴を吐出して、結合部前駆体を形成し、
(c) 前記複数の光ファイバの各端面を前記結合部前駆体に接触させた状態で、該結合部前駆体を硬化させて、結合部を形成すること、を含む、光ファイバ間の結合方法。

【請求項 20】 請求項 19 において、
さらに、(d) 前記複数の光ファイバを前記基体の上方に設置すること、を含む、光ファイバ間の結合方法。

【請求項 21】 請求項 19 または 20 において、
前記 (c) において、コアの端面上のみに前記結合部前駆体が接触している、光ファイバ間の結合方法。

【請求項 22】 請求項 21 において、
前記 (c) において、前記結合部前駆体と接触する光ファイバにおいて、コアの端面の高さは、クラッドの端面の高さと異なる、光ファイバ間の結合方法。

【請求項 23】 請求項 19 ないし 22 のいずれかにおいて、
前記 (b) において、前記液滴の吐出は、インクジェット法により行なわれる、光ファイバ間の結合方法。

【請求項 24】 請求項 19 ないし 23 のいずれかにおいて、
前記 (c) において、前記結合部前駆体の硬化は、エネルギーの付加により行なわれる、光ファイバ間の結合方法。

【請求項 25】 請求項 19 ないし 24 のいずれかにおいて、
さらに、(e) 前記結合部の周囲を封止材で覆うこと、を含む、光ファイバ間の結合方法。

【請求項 26】 請求項 19 ないし 25 のいずれかにおいて、
前記 (a) において、前記土台部材を前記基体と一体化して形成する、光ファイバ間の結合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバ間の結合構造および結合方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【背景技術】

近年、情報通信が高速化・大容量化の傾向にあり、光通信の開発が進んでいる。光通信では、光ファイバの間の光の伝達を確実にこなうことが求められている。

【 0 0 0 3 】

光通信で用いられる光ファイバ同士を結合する方法としては、例えば、レンズ等の光学部材を介してカップリングを行なう方法、コネクタを介して光ファイバ同士を結合する方法（例えば、特許文献 1 参照）、および光ファイバ同士を融着させる方法（例えば、特許文献 2 参照）がある。

【 0 0 0 4 】

コネクタを介して光ファイバ同士を結合する方法は、光ファイバの先端にコネクタを設け、このコネクタを介して光ファイバ同士を結合する方法である。また、光ファイバ同士を融着する方法は、2つの光ファイバの先端を接合させた状態で接合部分にエネルギーを加えて融着させることにより、光ファイバ同士を結合する方法である。

【 0 0 0 5 】

また、複数の光ファイバを結合する方法として、光ファイバカプラを用いた方法がある。この光ファイバカプラは、複数の光ファイバを横並びにした状態で融着させた後融着部分を延伸することにより形成される。すなわち、光ファイバカプラを形成する場合においても、融着工程が必要とされる。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】

特開平 6 - 1 2 3 8 2 1 号公報

【特許文献 2】

特開平 7 - 8 4 1 4 2 号公報

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、レンズ等の光学部材を介して光ファイバを接合する方法では、光ファイバおよび光学部材を厳密に位置合わせするのが難しい。

【0008】

また、光ファイバ同士をコネクタを介して結合する方法では、光ファイバの先端にコネクタが設置されるため、光ファイバの結合部分が大きくなる。このため、コネクタを介して結合された光ファイバを、例えば光モジュール等の微細な装置内に組み込むことが困難である場合がある。

【0009】

さらに、光ファイバ同士を融着する方法では、光ファイバの接合部分に大きな熱エネルギーを加えなければならない。光ファイバの接合部分を融解させるためには、通常、大掛かりな製造工程が必要であるため、製造コストが高くなる。さらに、光ファイバ同士を融着する方法では、融着前に光ファイバ同士を厳密に位置合わせする必要がある。この場合、光ファイバの径は一般に微細であるため、光ファイバ同士を厳密に位置合わせするのが難しい。また、光ファイバカプラを形成する場合においても融着工程が必要であるため、同様の問題が生じる。

【0010】

本発明の目的は、光ファイバの間の光の伝達を確実に行なうことが可能な光ファイバ間の結合構造を提供することにある。

【0011】

また、本発明の目的は、簡便にかつ低コストで実施可能な光ファイバ間の結合方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の光ファイバ間の結合構造は、
複数の光ファイバと、
基体の上方に設けられた土台部材と、
前記土台部材の上面上に設けられ、前記複数の光ファイバの各端面と接合された結合部と、を含む。

【0013】

ここで、「土台部材」とは、前記結合部を設置できる上面を有する部材をいい、「土台部材の上面」とは、前記結合部が設置される面をいう。この土台部材の上面は、前記結合部を設置できる限り、平面であってもよいし曲面であってもよい。

【0014】

また、前記複数の光ファイバの各端面の形状は、前記結合部を設置できる限り特に限定されるわけではなく、円形であってもよいし楕円形であってもよい。また、前記結合部の切断面の形状も同様に、特に限定されるわけではない。

【0015】

本発明の光ファイバ間の結合構造によれば、上記構成を有することにより、前記複数の光ファイバ間の光の伝達を確実に行なうことが可能である。詳しくは、本実施の形態の欄で説明する。

【0016】

なお、本発明において、光ファイバの材質は特に限定されるわけではなく、例えば石英ガラス、プラスチック、プラスチックと石英との複合体、あるいは多成分ガラスからなる光ファイバに本発明を適用することができる。

【0017】

(2) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記複数の光ファイバを、前記基体の上方に設けることができる。これにより、前記基体の上方にて、前記複数の光ファイバを前記結合部に安定して接合することができる。

【0018】

(3) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記土台部材の上面と、前記土台部材の側部において該上面に接する面とのなす角が鋭角であることができる。この構成によれば、液滴を吐出して結合部前駆体を形成した後硬化させて前記結合部を形成する場合、前記土台部材の側面が前記液滴で濡れるのを防止することができる。この結果、前記結合部を所望の形状および大きさに形成することができる。

【0019】

(4) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記土台部材の上部を、逆テーパ状

に形成することができる。ここで、「土台部材の上部」とは、前記土台部材のうち前記上面近傍の領域をいう。この構成によれば、液滴を吐出して結合部前駆体を形成した後硬化させて前記結合部を形成する場合、前記土台部材の安定性を保持しつつ、前記土台部材の上面と側面とのなす角をより小さくすることができる。これにより、前記土台部材の側面が前記液滴で濡れるのを確実に防止することができる。この結果、前記結合部を所望の形状および大きさに形成することができる。

【0020】

(5) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記土台部材は、前記基体と一体化して形成できる。

【0021】

(6) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記複数の光ファイバのうち少なくとも1つにおいては、コアの端面のみが前記結合部に接合できる。

【0022】

この場合、前記コアの端面のみが前記結合部に接合している光ファイバは、前記結合部に近いほうの端部において、前記コアの端面の高さとクラッドの端面の高さとが異なることができる。

【0023】

また、この場合、前記端部において、前記コアを前記クラッドで覆わないようにすることができる。これにより、前記端部において、前記コアと前記クラッドとで凸部を構成することができる。

【0024】

(7) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記結合部の屈折率を、前記複数の光ファイバのクラッドの屈折率より大きくすることができる。

【0025】

(8) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記結合部の屈折率を、前記複数の光ファイバのコアの屈折率とほぼ等しくすることができる。この構成によれば、前記結合部と前記コアとの界面における光の反射を少なくすることができるため、該界面における光の損失を少なくすることができる。

【0026】

(9) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記端部において、前記結合部の周囲を封止材で覆うことができる。この構成によれば、前記結合部と、前記複数の光ファイバの端面とを確実に固定することができる。その結果、歩留まりがより高い結合構造を得ることができる。

【0027】

この場合、前記封止材の屈折率を、前記複数の光ファイバのコアの屈折率および前記結合部の屈折率より小さくすることができる。

【0028】

また、この場合、前記結合部の屈折率を、前記複数の光ファイバのコアの屈折率とほぼ等しく、前記封止材の屈折率を、前記複数の光ファイバのクラッドの屈折率とほぼ等しくすることができる。この構成によれば、前記結合部および前記封止材にそれぞれ、光ファイバのコアおよびクラッドと同様の機能を付与することができる。これにより、光の損失を少なくすることができる。

【0029】

(10) 上記光ファイバ間の結合構造では、前記結合部を、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させることにより形成できる。

【0030】

この場合、前記結合部は、紫外線硬化型樹脂からなることができる。

【0031】

(11) 本発明の光ファイバ間の結合方法は、
(a) 基体の上方に土台部材を形成し、
(b) 前記土台部材の上面に対して液滴を吐出して、結合部前駆体を形成し、
(c) 前記複数の光ファイバの各端面を前記結合部前駆体に接触させた状態で、該結合部前駆体を硬化させて、結合部を形成すること、を含む。

【0032】

本発明の光ファイバ間の結合方法によれば、生産性に優れ、かつ、各光ファイバ間の位置合わせを精密に行なう必要がない。また、前記結合部を介して、前記複数の光ファイバ間を簡便な方法にて接合することができる。詳しくは、本実施

の形態の欄で説明する。

【0033】

(12) 上記光ファイバ間の結合方法では、さらに、(d) 前記複数の光ファイバを前記基体の上方に設置すること、を含むことができる。

【0034】

(13) 上記光ファイバ間の結合方法では、前記(c)において、コアの端面上のみに前記結合部前駆体が接触していることができる。

【0035】

この場合、前記(c)において、前記結合部前駆体と接触する光ファイバにおいて、コアの端面の高さは、クラッドの端面の高さと異なることができる。

【0036】

(14) 上記光ファイバ間の結合方法では、前記(b)において、前記液滴の吐出を、インクジェット法により行なうことができる。ここで、「インクジェット法」とは、インクジェットヘッドを用いて液滴を吐出する方法である。ただし、この場合、吐出する液滴は、印刷物に用いられる所謂インクではなく、前記結合部を構成する材料物質を含む液状物である。この方法によれば、前記液滴の吐出量の微妙な調整が可能であるため、微細な結合部前駆体を、前記光ファイバの端面上に簡便に設置することができる。

【0037】

(15) 上記光ファイバ間の結合方法では、前記(c)において、前記結合部前駆体の硬化を、エネルギーの付加により行なうことができる。

【0038】

(16) 上記光ファイバ間の結合方法では、さらに、(e) 前記結合部の周囲を封止材で覆うこと、を含むことができる。

【0039】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0040】

1. 光ファイバ間の結合構造

図1は、本発明を適用した本実施の形態の光ファイバ間の結合構造を模式的に示す側面図である。また、図2は、図1に示す結合構造を模式的に示す平面図である。図1および図2には、光ファイバ間の結合構造として、結合ユニット1000が示されている。

【0041】

この結合ユニット1000は、図1および図2に示すように、複数の光ファイバ（光ファイバ120、220）と、土台部材12と、結合部140とを含む。光ファイバ120、220は、結合部140を介して接合されている。これにより、光ファイバ120と光ファイバ220とが結合部140を介して光学的に結合している。また、結合部140は、土台部材12の上面12a上に設けられている。さらに、土台部材12は、基体10の上方に設けられている。以下、この結合ユニット1000の各構成要素について、それぞれ説明する。

【0042】

[基体]

基体10の材質は特に限定されないが、例えばシリコン基板、GaAs基板等の化合物半導体基板等の半導体基板、あるいはガラス基板やエポキシ基板等が挙げられる。

【0043】

[土台部材]

土台部材12は、基体10の上方に設けられている。この土台部材12は、例えば樹脂からなることができる。この場合、土台部材12は、ポリイミド系樹脂、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、あるいはフッ素系樹脂を用いて形成することができる。

【0044】

また、土台部材12は、基体10と一体化して形成されたものであってもよい。すなわち、この場合、土台部材12は基体10と同一の材質からなる。このような土台部材12は、例えば、基体10をパターンニングすることにより形成することができる。なお、図1および図2においては、土台部材12が円柱状である場合について示したが、土台部材12の形状は、結合部140を設置できる上面

を有している限り、特に限定されるわけではない。

【0045】

土台部材の形状の一例を、図20(a)～図20(c)に示す。図20(a)～図20(c)の各図において、右側の図は、土台部材近傍の平面図を示しており、左側の図はいずれも、右側の図のA-A線における断面を示している。図20(a)～図20(c)に示す土台部材においては、上面に結合部が設置可能であり、前記結合部には光ファイバの端面が接合される。図20(a)および図20(b)においては、結合部および光ファイバの図示を省略する。また、図20(c)では、光ファイバの図示は省略するが、土台部材82の上面82a上に設けられた結合部640が示されている。

【0046】

(i) 図20(a)に示す土台部材62においては、土台部材62の上面62aと側面62bとのなす角 θ を鋭角にすることができる。ここで、土台部材62の側面62bとは、土台部材62の側部において上面62aに接する面をいう。土台部材62においては、土台部材62の側部が土台部材62の側面62bである。

【0047】

結合部(図示せず)は、土台部材62の上面62aに対して液滴を吐出して、結合部前駆体(後述する)を形成した後、該結合部前駆体を硬化させることにより形成される。したがって、土台部材62の上面62aと側面62bとのなす角 θ が鋭角であることにより、土台部材62の上面62aに対して液滴を吐出する際に、土台部材62の側面62bが液滴で濡れるのを防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する結合部を確実に形成することができる。

【0048】

(ii) 図20(b)に示す土台部材72においては、上部72cを逆テーパ状に形成することができる。この場合においても、土台部材72の上面72aと、側面72b(土台部材72の側部において上面72aに接する面)とのなす角 θ が鋭角となる。この構成によれば、土台部材72の安定性を保持しつつ、土台部

材 72 の上面 72 a と側面 72 b とのなす角 θ をより小さくすることができる。これにより、土台部材 72 の側面 72 b が液滴で濡れるのを確実に防止することができる。この結果、所望の形状および大きさを有する結合部をより確実に形成することができる。

【0049】

(iii) 図 20 (c) に示す土台部材 82 においては、上面 82 a を曲面にすることができる。これにより、ほぼ円球状の結合部 640 を、土台部材 82 の上面 82 a 上に設置することができる。

【0050】

[光ファイバ]

図 1 に示すように、光ファイバ 120, 220 は、基体 10 の上面 10 a 上に設けられている。具体的には、光ファイバ 120, 220 の長手方向と基体 10 の上面 10 a とが平行に設置されている。

【0051】

この光ファイバ 120, 220 は、例えば接着材（図示せず）等を用いて基体 10 上に固定させることができる。あるいは、光ファイバ 120, 220 および結合部 140 全体を封止材で埋め込むことにより、光ファイバ 120, 220 を基体 10 上に固定してもよい。

【0052】

なお、本実施の形態においては、図 1 に示すように、平坦な基体 10 の上に光ファイバ 120, 220 が配置される場合について説明したが、あるいは、基体 10 に光ファイバ 120, 220 の位置を決定する溝（図示せず）を設けておき、この溝上に光ファイバ 120, 220 を配置することも可能である。このことは、後述する変形例においても同様に適用される。なお、このような溝を有する基板は、例えば、特開平 8-286082 号公報（図 4 の V 溝基板 10）に開示されている。

【0053】

光ファイバ 120 は、コア 122 およびクラッド 124 を含む。クラッド 124 はコア 122 を同心円状に囲んでいる。光ファイバ 120 では、コア 122 と

クラッド 124 との境界で光が反射されて、コア 122 内に光が閉じ込められ、コア 122 内を光が伝搬する。また、クラッド 124 の周囲は、ジャケット（図示せず）によって保護されていてもよい。

【0054】

光ファイバ 220 は、光ファイバ 120 と同様に、コア 222 およびクラッド 224 を含む。本実施の形態においては、光ファイバ 220 が光ファイバ 120 と同様の構成を有する場合について示す。

【0055】

また、本実施の形態においては、光ファイバ 120, 220 の断面形状が円形である場合について示したが、光ファイバ 120, 220 の断面形状は特に限定されるわけではない。このことは、後述する変形例に示される光ファイバについても同様である。例えば、光ファイバ 120, 220 として、断面形状が楕円形である光ファイバや、コアが円形または楕円形でクラッドがその他の形状である光ファイバを用いることができる。

【0056】

図 1 に示すように、光ファイバ 120 の端部において、コア 122 の端面 122a と、クラッド 124 の端面 124a との高さが異なる。同様に、光ファイバ 220 の端部において、コア 222 の端面 222a と、クラッド 224 の端面 224a との高さが異なる。

【0057】

具体的には、本実施の形態において、光ファイバ 120 は、端部において、コア 122 がクラッド 124 で覆われていない場合を示す。すなわち、光ファイバ 120 の端部において、コア 122 の端面 122a は、クラッド 124 の端面 124a より突出しており、コア 122 とクラッド 124 とで凸部 160 が構成されている。

【0058】

同様に、本実施の形態においては、光ファイバ 220 は、端部において、コア 222 がクラッド 224 で覆われていない場合を示す。すなわち、光ファイバ 220 の端部において、コア 222 の端面 222a はクラッド 224 の端面 224

aより突出しており、コア222とクラッド224とで凸部260が構成されている。

【0059】

また、光ファイバ120, 220は、前述したように、結合部140を介して接合されている。これにより、光ファイバ120は、結合部140によって、光ファイバ220との相対的な位置が固定されている。この結合ユニット1000では、光ファイバ120のコア122の端面122aが、光ファイバ220のコア222の端面222aと対向している。

【0060】

なお、図1においては、光ファイバ120, 220の一方の端部を示している。すなわち、光ファイバ120, 220において、結合部140に近いほうの端部を示している。なお、光ファイバ120, 220のもう一方の端部においても、コアの端面の高さが、クラッドの端面の高さと異なってもよい。この場合、例えば、光ファイバ120, 220のもう一方の端部においても、コアの端面に結合部（図示せず）が形成され、この結合部を介して他の光ファイバ（図示せず）が接合されていてもよい。このことは、後述する変形例に示される光ファイバ間の結合構造でも同様である。

【0061】

[結合部]

結合部140は、図1に示すように、光ファイバ120のコア122の端面122aおよび光ファイバ220のコア222の端面222aに接合している。この結合部140は、土台部材12の上面12a上に設けられている。

【0062】

光ファイバ120から出射する光を光ファイバ220に入射させる場合、光ファイバ120の端面122aから出射した光は、結合部140を経た後、光ファイバ220の端面222aに入射することができる。あるいは、光ファイバ220から出射する光を光ファイバ120に入射させる場合、光ファイバ220の端面222aから出射した光は、結合部140を経た後、光ファイバ120の端面122aに入射することができる。

【0063】

結合部140は、エネルギー硬化型樹脂からなる。すなわち、結合部140は、熱や光等のエネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させて形成することができる。前記液体材料としては、例えば、紫外線硬化型樹脂や熱硬化型樹脂の前駆体が挙げられる。この場合、前記前駆体に対してエネルギーを付加して硬化させることにより、紫外線硬化型樹脂または熱硬化型樹脂からなる結合部140が形成される。紫外線硬化型樹脂としては、例えば紫外線硬化型のアクリル系樹脂およびエポキシ系樹脂が挙げられる。また、熱硬化型樹脂としては、熱硬化型のポリイミド系樹脂が例示できる。

【0064】

紫外線硬化型樹脂の前駆体は、短時間の紫外線照射によって硬化する。このため、紫外線硬化型樹脂の前駆体を硬化させて結合部140を形成する場合、製造時間を短縮化することができる。

【0065】

具体的には、結合部140は、土台部材12の上面12aに対して液滴を吐出して、結合部前駆体（後述する）を土台部材12の上面12a上に形成した後、この結合部前駆体を硬化させることにより形成することができる。

【0066】

結合部140の形状および大きさは、結合部140を形成する際に用いる液体材料の種類や量を調整することによって制御することができる。結合部140の形状および大きさは、光ファイバ120のコア122の端面122aと、光ファイバ220のコア222の端面222aとの距離に基づいて決定される。すなわち、結合部140を介して端面122aと端面222aとが接合できるように、端面122aと端面222aとの距離に応じて、結合部140の形状および大きさを決定する。あるいは、結合部140の形状および大きさに応じて、端面122aと端面222aとの距離を決定することもできる。すなわち、この場合、結合部140を介して端面122aと端面222aとが接合されるように、端面122aと端面222aとの距離を設定する。このことは、後述する変形例においても同様に適用される。

【0067】

また、結合部140の屈折率は、光ファイバ120、220のクラッド124、224の屈折率よりも大きくすることができる。この構成によれば、結合部140からクラッド124、224への光の導入を低減することができる。

【0068】

さらに、結合部140の屈折率を、光ファイバ120、220のコア122、222の屈折率とほぼ等しくすることができる。この構成によれば、結合部140とコア122、222との界面における光の反射を少なくすることができるため、前記界面における光の損失を少なくすることができる。このことは、後述する変形例においても同様である。

【0069】

2. 光ファイバ間の結合方法

次に、図1に示す結合ユニット1000の製造方法について、図3～図12を参照して説明する。図3～図12はそれぞれ、結合部140を介した光ファイバ120、220間の結合方法の一工程を模式的に示す図である。

【0070】

[コアおよびクラッドの端面の加工]

本実施の形態においては、図1および図2に示すように、光ファイバ120、220のコア122、222の端面122a、222aが、クラッド124、224の端面124a、224aよりも高くなるように加工する。以下、光ファイバ120を例にとり説明するが、光ファイバ220の端面についても同様の方法にて加工することができる。

【0071】

まず、コア122の端面122aを、クラッド124の端面124aより突出させる工程について説明する。コア122の端面122aを、クラッド124の端面124aより突出させるためには、具体的には、下記の(1)および(2)に示す方法が例示できる。

【0072】

(1) ウエットエッチングによる方法

まず、ウエットエッチングによって、コア 122 の端面 122 a を、クラッド 124 の端面 124 a より突出させる工程について説明する（図 3 参照）。ここでは、光ファイバ 120 が石英系光ファイバからなる場合について説明する。

【0073】

一般に、光ファイバは、コアの屈折率をクラッドとの屈折率よりも大きくするために、コアとクラッドとが異なる成分から形成されている。このコアとクラッドとの成分の違いを利用して、ウエットエッチングにて、コアまたはクラッドを選択的に除去することができる。

【0074】

ここでは、平坦な端面を有する光ファイバ 120（図 3 参照）に対してウエットエッチングを行なうことによって、クラッド 124 を選択的に除去できるエッチャントを用いる。これにより、コア 122 の端面 122 a を、クラッド 124 の端面 124 a よりも突出させることができる。

【0075】

石英系光ファイバのコアとクラッドとの選択的エッチングに用いられるエッチャントとしては、例えば、フッ化水素酸とフッ化アンモニウムを混合した水溶液（バッファフッ酸水溶液）を用いることができる。このバッファフッ酸水溶液中のフッ化水素酸およびフッ化アンモニウムの濃度を調整することにより、クラッド 124 を選択的に除去することができる。

【0076】

ウエットエッチングの模式図を図 3 に示す。図 3 に示すように、光ファイバ 120 の端面をエッチャント 230 に浸す。これにより、クラッド 124 がエッチャント 230 に選択的に溶解するため、光ファイバ 120 の端部において、クラッド 124 を選択的に除去することができる。

【0077】

具体的には、40 重量%フッ化アンモニウム水溶液と 50 重量%フッ化水素酸水溶液と純水（ H_2O ）とを所定の体積比で用いることにより調製されたバッファフッ酸水溶液を用いることにより、クラッド 124 を選択的に除去することができる。

【0078】

(2) 光硬化による方法

次に、光硬化によってコア122を伸長させる工程について説明する（図4参照）。この方法では、光ファイバ120のコア122の端面で光硬化型樹脂を伸長させることにより、コア122の端面122aを、クラッド124の端面124aよりも突出させる。ここで、光ファイバ120の材質は、光硬化型樹脂との密着性が確保できるかぎり、特に限定されない。

【0079】

具体的には、図4に示すように、端面122aを含む光ファイバ120の端部（一方の端部）を、紫外線硬化型樹脂の前駆体を含有する液体材料232の中に浸す。光ファイバ120のもう一方の端部において、コア122の端面122bから紫外線213を入射させる。これにより、端面122bから入射した紫外線213はコア122内を伝搬した後、コア122の端面122aから出射する。ここで、クラッド124には紫外光が導入されないため、クラッド124からは紫外光が出射せず、紫外光213が出射するのは、コア122の端面122aからのみである。すなわち、コア122の端面122aから出射する紫外線213によって、コア122の端面122aにおいて、液体材料232に含まれる紫外線硬化型樹脂の前駆体が反応する。これにより、コア122の端面122a上に紫外線硬化樹脂が形成されることによってコア122が伸長する。この結果、図1および図2に示すように、コア122の端面122aが、クラッド124の端面124aより突出した構造の光ファイバ120が得られる。

【0080】

なお、図4においては、光ファイバ120の端部を液体材料232内に浸した状態でコア122を伸長する例について示した。ここで、光ファイバ120の端部を液体材料232内に浸すかわりに、図示しないが、光ファイバ120の端面122上に液体材料232を設置した状態で、図4に示す場合と同様に、もう一方の端部のコア122の端面122bから紫外線を導入して、コア122を伸長してもよい。

【0081】

[土台部材の形成]

次に、基体 10 の上方に土台部材 12 を形成する（図 5 ～図 7 参照）。土台部材 12 の平面形状は、光ファイバ 120、220 同士を光学的に結合する際の方法に基づいて適宜設定される。また、土台部材 12 の形成方法は、土台部材 12 の材質や形状、ならびに大きさに応じて適切な方法（例えば、選択成長法、ドライエッチング法、ウエットエッチング法、リフトオフ法、転写法等）を選択することができる。また、本実施の形態においては、土台部材 12 がポリイミド系樹脂からなる場合について説明する。

【0082】

まず、ガラス基板からなる基体 10 上に、ポリイミド前駆体を塗布した後、約 150℃で熱処理を行なう。これにより、基体 10 の上面 10a 上に樹脂層 12x を形成する（図 5 参照）。ここで、樹脂層 12x は、形状を保持できる状態であるものの、完全に硬化していない状態である。

【0083】

次に、樹脂層 12x 上にレジスト層 R1 を形成した後、所定のパターンのマスク（図示せず）を用いてフォトリソグラフィ工程を行なう。これにより、所定のパターンのレジスト層 R1 が形成される（図 6 参照）。

【0084】

次いで、レジスト層 R1 をマスクとして、例えばアルカリ系溶液を用いたウエットエッチングによって、樹脂層 12x をパターンニングする。その後、レジスト層 R1 を除去した後、約 350℃で熱処理を行なう。この熱処理により、樹脂が完全に硬化することにより、土台部材 12 が得られる（図 7 参照）。本実施の形態においては、土台部材 12 の平面形状が円形である場合について示す。

【0085】

[結合部前駆体の形成]

次に、土台部材 12 の上面 12a に対して、結合部 140 を形成するための液体材料の液滴 140b を吐出することにより、土台部材 12 の上面 12a 上に結合部前駆体を形成する（図 8 ～図 10 参照）。前述したように、前記液体材料は、エネルギーを付加することによって硬化可能な性質を有する。

【0086】

液滴 140b を吐出する方法としては、例えば、ディスペンサ法またはインクジェット法が挙げられる。ディスペンサ法は、液滴 140b を吐出する方法として一般的な方法であり、比較的広い領域に液滴 140b を吐出する場合に有効である。

【0087】

インクジェット法は、インクジェットヘッドを用いて液滴を吐出する方法であり、液滴を吐出する位置について μm オーダーの単位で制御が可能である。また、吐出する液滴の量をピコリットルオーダーの単位で制御することができる。このため、微細な土台部材の上面上に、微細な構造の結合部を作製することができる。

【0088】

ここでは、インクジェットヘッド 110 を用いて液滴 140b を吐出する方法について説明する。図 8 に示すように、土台部材 12 の上面 12a に対して、インクジェットヘッド 110 のノズル 112 から、液体材料の液滴 140b を吐出する。これにより、図 9 および図 10 に示すように、土台部材 12 の上面 12a 上に結合部前駆体 140a を形成する。ここで、図 10 は図 9 に示す工程を模式的に示す平面図である。

【0089】

インクジェットの吐出方法としては、例えば、(i) 熱により液体（ここでは結合部前駆体）中の気泡の大きさを変化させることで圧力を生じ、液体を吐出する方法、(ii) 圧電素子により生じた圧力によって液体を吐出させる方法とがある。圧力の制御性の観点からは、前記 (ii) の方法が望ましい。

【0090】

インクジェットヘッドのノズルの位置と、液滴の吐出位置とのアライメントは、一般的な半導体集積回路の製造工程における露光工程や検査工程で用いられる公知の画像認識技術を用いて行なわれる。例えば、インクジェットヘッド 120 のノズル 112 の位置と、土台部材 12 の上面 12a の位置とのアライメントを行なう。アライメント後、インクジェットヘッド 110 に印加する電圧を制御し

た後、液滴 140b を吐出する。ここで、この液滴 140b は表面張力によって、土台部材 12 の上面 12a の上面に堆積する。この液滴 140b の吐出量を調整することにより、所望の形状および大きさの結合部前駆体 140a を形成することができる。

【0091】

結合部前駆体 140a は、光ファイバ 120 のコア 122 の端面 122a と、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222a との距離を所定の値に設定した場合に、端面 122a、222a が結合部前駆体 140a に接触するような形状および大きさに形成される。

【0092】

なお、液滴 140b を吐出する前に、必要に応じて、土台部材 12 の上面 12a に、親液性処理または撥液性処理を行なう。これにより、液滴 140b に対する土台部材 12 の上面 12a の濡れ性を制御することができる。これにより、結合部 140 の形状および大きさをより厳密に制御することができる。

【0093】

次いで、図 11 に示すように、結合部 140 を介して、光ファイバ 120 のコア 122 の端面 122a と、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222a とを対向させる。そして、図 12 に示すように、端面 122a、222a を、結合部前駆体 140a に接触させる。すなわち、ここで得られた結合部前駆体 140a は、図 12 に示すように、端面 122a、222a に接触している。

【0094】

この場合、図 12 に示すように、光ファイバ 120 では、コア 122 の端面 122a は、クラッド 124 の端面 124a よりも突出している。同様に、光ファイバ 220 では、コア 222 の端面 222a は、クラッド 224 の端面 224a よりも突出している。このため、コアの端面 122a、222a のみを結合部前駆体 140a に容易に接触させることができる。

【0095】

なお、結合部前駆体 140a を形成する前に、コアの端面 122a、222a が土台部材 12 と対向するように光ファイバ 120、220 を基体 10 に設置し

た後、土台部材 12 の上面 12 a に対して液滴 140 b を吐出して、コアの端面 122 a, 222 a と接触する結合部前駆体 140 a を、土台部材 12 の上面 12 a 上に形成してもよい。あるいは、土台部材 12 の上面 12 a に対して液滴 140 b を吐出して、結合部前駆体 140 a を土台部材 12 の上面 12 a 上に形成した後、結合部前駆体 140 a とコアの端面 122 a, 222 a とが接触するように光ファイバ 120, 220 を基体 10 上に設置してもよい。

【0096】

[結合部の形成]

次いで、図 12 に示すように、結合部前駆体 140 a を硬化させて、結合部 140 を形成する。具体的には、結合部前駆体 140 a に対して、熱または光等のエネルギー 113 を付加する。

【0097】

結合部前駆体 140 a を硬化する際は、前記液体材料の種類により適切な方法を選択する。硬化手段としては、具体的には、熱エネルギーの付加、あるいは紫外線またはレーザ光等の光照射が挙げられる。また、付加するエネルギー 113 の量は、結合部前駆体 140 a の形状、大きさおよび材質によって適宜調整する。以上の工程により、土台部材 12 の上面 12 a 上に設けられた結合部 140 を介して接合された光ファイバ 120, 220 を含む結合ユニット 1000 が得られる（図 1 および図 2 参照）。

【0098】

3. 作用効果

本実施の形態の光ファイバ間の結合構造および結合方法は、以下に示す作用効果を有する。

【0099】

(1) 第 1 に、結合部 140 が、光ファイバ 120, 220 の端面 122 a, 222 a と接合している。これにより、光ファイバ 120 と光ファイバ 220 との位置合わせを精密に行なう必要がない。その理由を説明するために、まず、一般的な光ファイバ間の結合構造について、以下に説明する。

【0100】

一般に、光ファイバ同士を光学的に結合する場合、光ファイバ間には結合部が形成されていない場合がある。この場合、一方の光ファイバから出射した光を、他の光ファイバへの入射させるためには、光ファイバ間の位置合わせを厳密に行なう必要がある。また、光ファイバ同士を結合するための一般的な方法として、光ファイバ同士を融着する方法もある（背景技術の欄参照）。この方法においては、融着前に光ファイバ同士を厳密に位置合わせする必要がある。

【0101】

これに対して、本実施の形態の結合構造（結合ユニット1000）によれば、光ファイバ120の端面122aと、光ファイバ220の端面222aとの間に結合部140が接合されている。結合部140は、結合部前駆体140aに端面122a、222aが接触した状態で硬化させることにより形成される。すなわち、光ファイバ120、220の位置合わせは、結合部前駆体140aに光ファイバ120、220の端面122a、222aを接触させることで足りる。このため、光ファイバ120と光ファイバ220との位置合わせを厳密に行なうことなく、結合部140を介して光ファイバ120、220間の光の伝達を確実に行なうことができる。加えて、より簡便に光ファイバ120と光ファイバ220とを光学的に結合することができる。さらに、一般的な光ファイバの結合方法の一つである、光ファイバ同士を融着させる方法と比較して、光ファイバの接合部分を融解させる必要がない。したがって、光ファイバの接合部分に大きな熱エネルギーを加える必要がない。これにより、光ファイバの接合部分を融解させるために必要とされる大掛かりな製造工程が不要となるため、製造工程の低コスト化を図ることができる。

【0102】

(2) 第2に、結合部140は、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させることにより形成される。すなわち、土台部材12の上面12a上に結合部前駆体140aを形成し、この結合部前駆体140aが端面122a、222aに接触した状態で硬化させる。ここで、結合部前駆体140aの形状および大きさは、液滴140bの吐出量によって制御することができる。ここで、土台部材12の側面12b（図8参照）が結合部前駆体140aで濡れ

ない限り、結合部前駆体 140a には表面張力が主に作用する。

【0103】

すなわち、結合部前駆体 140a を形成するための液滴の量を調整することによって、結合部前駆体 140a の形状および大きさを制御することができる。これにより、光ファイバ 120 と光ファイバ 220 との間の距離に応じて、結合部前駆体 140a の形状および大きさを調整することができる。

【0104】

(3) 第3に、結合部前駆体 140a は、土台部材 12 の上面 12a 上に形成される。一般に、光ファイバのコアの端面は微細である。本実施の形態において、土台部材 12 の上面 12a に対してインクジェット法を用いて液滴を吐出することにより、微細な土台部材 12 の上面 12a に、結合部前駆体 140a を確実に形成することができる。

【0105】

なお、本実施の形態において、光ファイバ 120, 220 のかわりに、一般的な光ファイバを、土台部材 12 の上面 12a 上に形成された結合部前駆体 140a に接触させた状態で、結合部前駆体 140a を硬化させて結合部 140 を形成する場合についても、上記 (1) ~ (3) の作用効果と同様の作用効果を有する。ここで、「一般的な光ファイバ」とは、一端部において、コアの端面の高さと、クラッドの端面の高さとがほぼ等しい光ファイバのことをいう。

【0106】

(4) 第4に、結合部 140 を介して、光ファイバ 120 のコア 122 の端面 122a と、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222a とが接合されていることにより、光ファイバ 120, 220 間を伝搬する光の損失を少なくすることができる。

【0107】

一般に、光ファイバにおいて、実際に光が伝搬するのはコアの部分である。したがって、本実施の形態の結合構造によれば、結合部 140 が、コア 122, 222 の端面 122a, 222a とのみ接合していることにより、結合部 140 を介して、光ファイバ 120, 220 のコア 122, 222 間を光が効率良く伝搬

することができる。

【0108】

また、本実施の形態の結合構造によれば、一般的な光ファイバの結合方法の一つである、コネクタを介して光ファイバ同士を結合する方法（背景技術の欄参照）と比較して、コネクタを使用する必要がない。このため、光ファイバの結合部分の簡素化および小型化を図ることができる。これにより、本実施の形態の結合構造は、微細な装置（例えば光モジュール）内に設置することができる。

【0109】

4. 変形例

次に、本実施の形態の光ファイバ間の結合構造の変形例について説明する。下記の変形例1～5は、本実施の形態の結合ユニット1000と同様の作用効果を有する。また、各変形例は、本実施の形態の結合ユニット1000（図1および図2参照）のみならず、他の変形例の結合構造にも適用することができる。なお、各変形例において、本実施の形態の結合ユニット1000と同一の構成部分については、同一の符号を付して、詳しい説明を省略する。

【0110】

また、以下の変形例において、結合部240, 340, 440, 540は、本実施の形態の結合部140と同様の材質で形成でき、かつ、同様の方法にて形成することができる。また、土台部材22, 42は、本実施の形態の土台部材12と同様の材質で形成でき、かつ、同様の方法にて形成することができる。

【0111】

(1) 変形例1

図13は、本実施の形態の一変形例たる光ファイバ間の結合構造（結合ユニット2000）を模式的に示す図である。図14は、図13に示す結合ユニット2000を模式的に示す平面図である。

【0112】

この結合ユニット2000は、本実施の形態の結合ユニット1000（図1および図2参照）のうち、コア122, 222の突出した部分（凸部160, 260）と、結合部140および土台部材12の周囲とを、封止材16で埋め込んだ

ものである。すなわち、この結合ユニット 2000 において、封止材 16 以外の構成は、本実施の形態の結合ユニット 1000 と同様である。

【0113】

この結合ユニット 2000 においては、土台部材 12 および結合部 140 の周囲を封止材 16 で覆うことにより、土台部材 12 の上面 12a 上に結合部 140 を確実に固定することができ、かつ端面 122a と端面 222a との間に結合部 140 を確実に固定することができる。その結果、歩留まりを高めることができる。この作用効果は、後述する他の変形例の結合ユニットにて形成された封止材についても有する。

【0114】

ここで、封止材 16 の屈折率は、光ファイバ 120, 220 のコア 122, 222 の屈折率および結合部 140 の屈折率よりも小さいことが望ましい。これにより、光ファイバ 120, 220 の端部において、結合部 140 を介してコア 122 とコア 222 との間を伝搬する光を閉じ込めるクラッドとしての機能を、封止材 16 に付与することができる。

【0115】

さらに、結合部 140 の屈折率は、光ファイバ 120, 220 のコア 122, 222 の屈折率と同一であることが望ましく、封止材 16 の屈折率は、光ファイバ 120, 220 のクラッド 124, 224 の屈折率と同一であることがより望ましい。すなわち、この場合、結合部 140 および封止材 16 にそれぞれ、光ファイバのコアおよびクラッドと同一の機能を付与することができる。これにより、光の損失を少なくすることができる。

【0116】

封止材 16 の材質は特に限定されないが、例えば紫外線硬化型樹脂や熱硬化型樹脂等の樹脂材料を用いることができる。なお、後述する変形例において、封止材 26, 36, 46, 56 は、変形例 1 の結合ユニット 2000 の封止材 16 と同様の材質で形成でき、同様の方法にて形成することができる。

【0117】

(2) 変形例 2

図15は、本実施の形態の一変形例たる光ファイバ間の結合構造（結合ユニット3000）を模式的に示す平面図である。

【0118】

この結合ユニット3000では、土台部材22の形状が、本実施の形態の結合ユニット1000（図1および図2参照）の土台部材12の形状と異なる。具体的には、土台部材22の上面22aが曲がり部22bを有する。

【0119】

結合部240は、本実施の形態の結合ユニット1000の結合部140を形成する方法と同様の方法にて形成される。すなわち、結合部240は、土台部材22の上面22aに対して液滴を吐出し硬化させることにより形成される。このため、結合部240も土台部材22の上面22aと同様に、曲がり部240bを有する。

【0120】

また、この結合ユニット3000では、変形例1の結合ユニット2000と同様に、コア122、222の突出した部分（凸部160、260）と、結合部240および土台部材22の周囲とが、封止材26で埋め込まれている。

【0121】

この結合ユニット3000では、土台部材22の上面22aが曲がり部22bを有し、結合部240が曲がり部240bを有する。このため、この結合ユニット3000では、図15に示すように、光ファイバ120のコア122の端面122aの中心を通りかつ端面122aと垂直な直線R上に、光ファイバ220のコア222の端面222aの中心が位置していない。しかしながら、結合部240を介して、端面122aと端面222aとが接合されていることにより、結合部240を介して光ファイバ120、220間で光を確実に伝搬させることができる。

【0122】

この結合ユニット3000は、本実施の形態の結合ユニット1000（図1および図2参照）と同様に形成することができる。すなわち、まず、土台部材22の上面22a上に結合部前駆体（図示せず）を形成した後、光ファイバ120の

コア 122 の端面 122a と、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222a とを前記結合部前駆体に接触させる。この状態でエネルギー（図示せず）を付加して、前記結合部前駆体を硬化させることにより、結合ユニット 3000 を形成することができる。

【0123】

（3）変形例 3

図 16 は、本実施の形態の一変形例たる光ファイバ間の結合構造（結合ユニット 4000）を模式的に示す側面図である。

【0124】

図 16 に示す結合ユニット 4000 は、結合部 140 を介して 3 つの光ファイバ 120, 220, 320 が光学的に結合している点で、本実施の形態の結合ユニット 1000（図 1 および図 2 参照）と異なる構成を有する。

【0125】

また、この結合ユニット 4000 では、変形例 1 の結合ユニット 2000 と同様に、コア 122, 222, 322 の突出した部分（凸部 160, 260, 360）と、結合部 140 および土台部材 12 の周囲とが、封止材 36 で埋め込まれている。

【0126】

すなわち、この結合ユニット 4000 においては、結合部 140 を介して、光ファイバ 120 のコア 122 の端面 122a と、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222a と、光ファイバ 320 のコア 322 の端面 322a とが接合している。光ファイバ 320 は、本実施の形態において光ファイバ 120, 220 の材質として示したものと同様の材質で形成することができる。

【0127】

また、結合ユニット 4000 において、土台部材 12 および光ファイバ 120, 220, 320 は、変形例 2 の結合ユニット 3000 と同様に、基体 10 上に設けられている。

【0128】

なお、本変形例では、3 つの光ファイバ 120, 220, 320 のいずれも、

コアの端面の高さがクラッドの端面の高さと異なる場合について示したが、光ファイバ120, 220, 320の少なくとも1つが、コアの端面の高さがクラッドの端面の高さと同じであってもよい。

【0129】

この結合ユニット4000は、以下の方法にて形成することができる。まず、土台部材12の上面12a上に結合部前駆体（図示せず）を形成した後、光ファイバ120のコア122の端面122aと、光ファイバ220のコア222の端面222aと、光ファイバ320のコア322の端面322aとを前記結合部前駆体に接触させる。この状態でエネルギー（図示せず）を付加して、前記結合部前駆体を硬化させることにより、結合ユニット4000を形成することができる。

【0130】

（4）変形例4

図17は、本実施の形態の一変形例である光ファイバ間の結合構造（結合ユニット5000）を模式的に示す側面図である。

【0131】

図17に示す結合ユニット5000は、結合部を介して3つの光ファイバ120, 220, 320が光学的に結合している点で、変形例3の結合ユニット4000と同様の構成を有する。ただし、この結合ユニット5000の土台部材42の形状が、変形例3の結合ユニット4000の土台部材12とは異なる。

【0132】

具体的には、土台部材42の上面42aは分岐部42bを有する。結合部440は、本実施の形態の結合ユニット1000の結合部140を形成する方法と同様の方法にて形成される。すなわち、結合部440は、土台部材42の上面42aに対して液滴を吐出し硬化させることにより形成される。このため、結合部440も土台部材42の上面42aと同様に、分岐部440bを有する。

【0133】

また、結合ユニット5000において、土台部材42および光ファイバ120, 220, 320は、変形例2の結合ユニット3000と同様に、基体10上に

設けられている。

【0134】

この結合ユニット5000は、変形例3の結合ユニット4000と同様の方法にて形成することができる。

【0135】

(5) 変形例5

図18は、本実施の形態の一変形例たる光ファイバ間の結合構造（結合ユニット6000）を模式的に示す側面図である。図19は、図18に示す結合ユニット6000を模式的に示す平面図である。

【0136】

この結合ユニット6000は、コア122、222の突出した部分（凸部160、260）と、結合部540および土台部材52の周囲とが、封止材56で埋め込まれている点で、変形例1の結合ユニット2000と同様の構成を有する。

【0137】

また、この結合ユニット6000は、土台部材52が基体10と一体化して形成されている。この場合、基体10の材質は特に限定されないが、土台部材52は、基体10の材質に応じた方法にて基体10をパターンニングすることにより形成される。例えば、基体10がガラス基板からなる場合、例えばフッ酸によるウェットエッチング、イオンビームによるエッチング、レーザによる微細加工、サンドブラスト法等を用いて、基体10を所定のパターンニングすることにより、土台部材52を形成することができる。

【0138】

さらに、この結合ユニット6000は、土台部材52の周囲に凹部28が形成されている。この凹部28は、パターンニングにより土台部材52が形成される際に形成される。この結合ユニット6000においては、封止材56を凹部28に埋め込むことができる。すなわち、凹部28が基体10に設けられていることにより、封止材56を凹部28に埋め込むことができるため、結合部540の周囲に封止材56を簡便な方法にて配置することができる。

【0139】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法および結果が同一の構成、あるいは目的および結果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成または同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合構造を模式的に示す側面図である。

【図 2】 図 1 に示す光ファイバ間の結合構造を模式的に示す平面図である。

【図 3】 図 1 に示す光ファイバの製造方法の一例を模式的に示す側面図である。

【図 4】 図 1 に示す光ファイバの製造方法の一例を模式的に示す側面図である。

【図 5】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合方法の一工程を模式的に示す側面図である。

【図 6】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合方法の一工程を模式的に示す側面図である。

【図 7】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合方法の一工程を模式的に示す側面図である。

【図 8】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合方法の一工程を模式的に示す側面図である。

【図 9】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合方法の一工程を模式的に示す側面図である。

【図 1 0】 図 9 に示す工程を模式的に示す平面図である。

【図 1 1】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合方法の一工程を模式的に示す側面図である。

【図 1 2】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合方法の一工程を模式的に示す側面図である。

【図 1 3】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合構造の一変形例を模式的に示す側面図である。

【図 1 4】 図 1 3 に示す光ファイバ間の結合構造を模式的に示す平面図である。

【図 1 5】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合構造の一変形例を模式的に示す平面図である。

【図 1 6】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合構造の一変形例を模式的に示す平面図である。

【図 1 7】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合構造の一変形例を模式的に示す平面図である。

【図 1 8】 本発明の一実施の形態の光ファイバ間の結合構造の一変形例を模式的に示す側面図である。

【図 1 9】 図 1 8 に示す一変形例の光ファイバ間の結合構造を模式的に示す平面図である。

【図 2 0】 図 2 0 (a) ~ 図 2 0 (c) はそれぞれ、図 1 に示す土台部材の一変形例を模式的に示す図である。

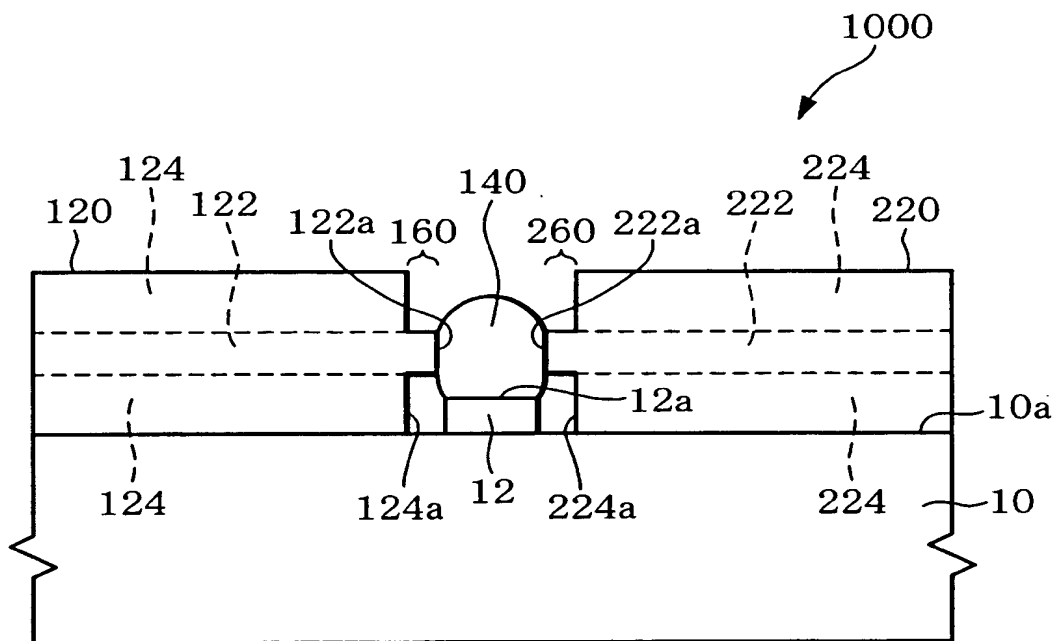
【符号の説明】

10 基体、 10a 基体の上面、 12, 22, 32, 42, 62, 72, 82 土台部材、 12a, 22a, 42a, 52a, 62a, 72a, 82a 土台部材の上面、 12b 土台部材の側面、 12x 樹脂層、 16, 26, 36, 46, 56 封止材、 22b 曲がり部、 28 凹部、 32b 分岐部、 110 インクジェットヘッド、 112 インクジェットノズル、 113 エネルギー、 62b, 72b 土台部材の側面、 72c 土台部材の上部、 120, 220, 320 光ファイバ、 122, 222, 322 コア、 122a, 122b, 222a, 322a コアの端面、 124, 224, 324 クラッド、 124a, 224a, 324a クラッドの端面、 140, 240, 440, 540, 640 結合部、 140a 結合部

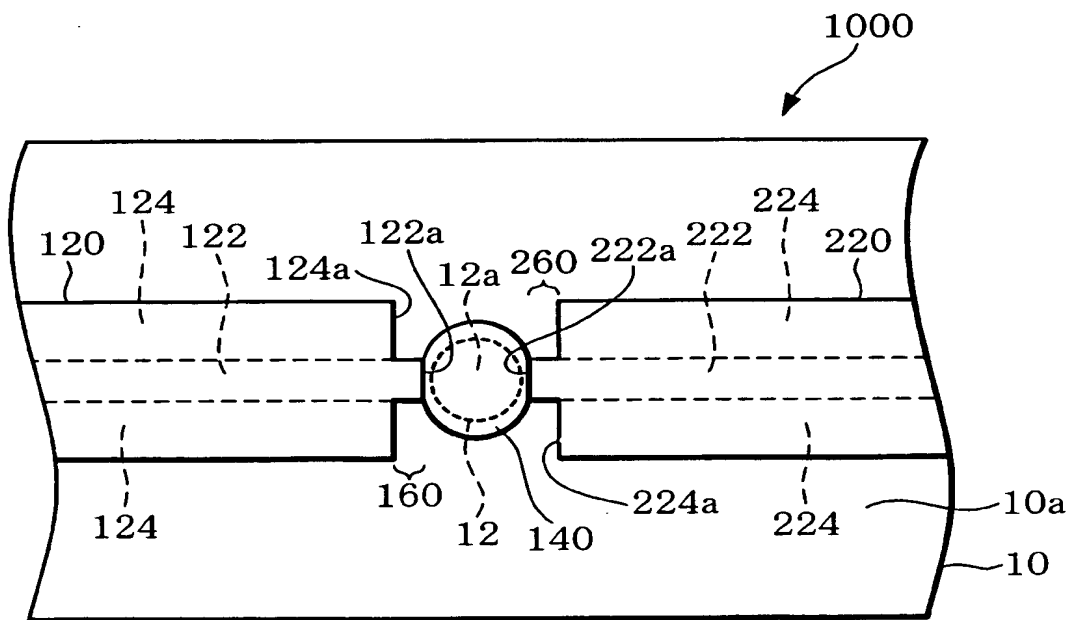
前駆体、 1 4 0 b 液滴、 1 6 0, 2 6 0, 3 6 0 凸部、 2 1 3 紫外
線、 2 3 0 エッチャント、 2 3 2 液体材料、 2 4 0 b 曲がり部、
4 4 0 b 分岐部、 1 0 0 0, 2 0 0 0, 3 0 0 0, 4 0 0 0, 5 0 0 0, 6
0 0 0 結合ユニット、 R 1 レジスト層

【書類名】 図面

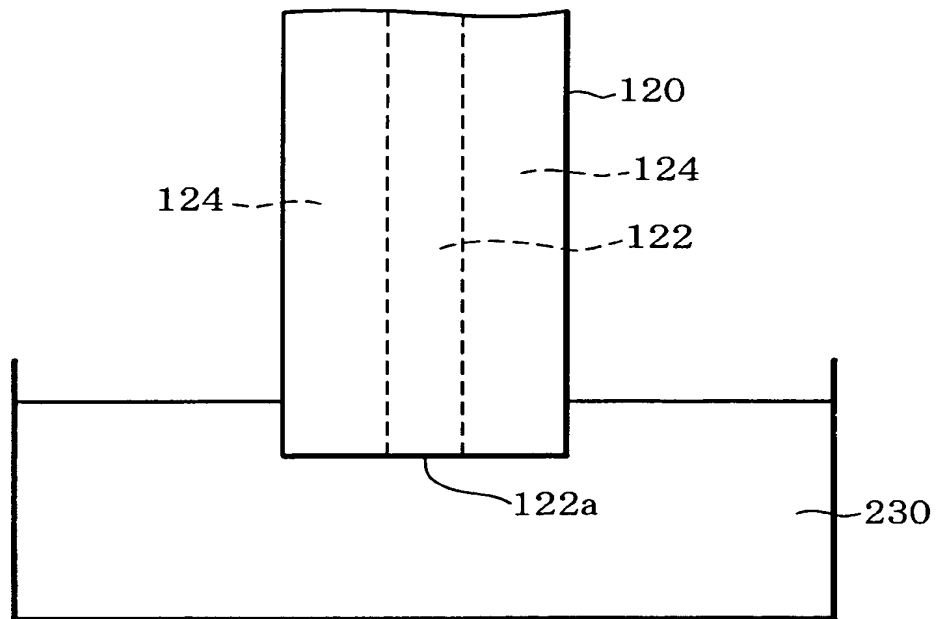
【図 1】



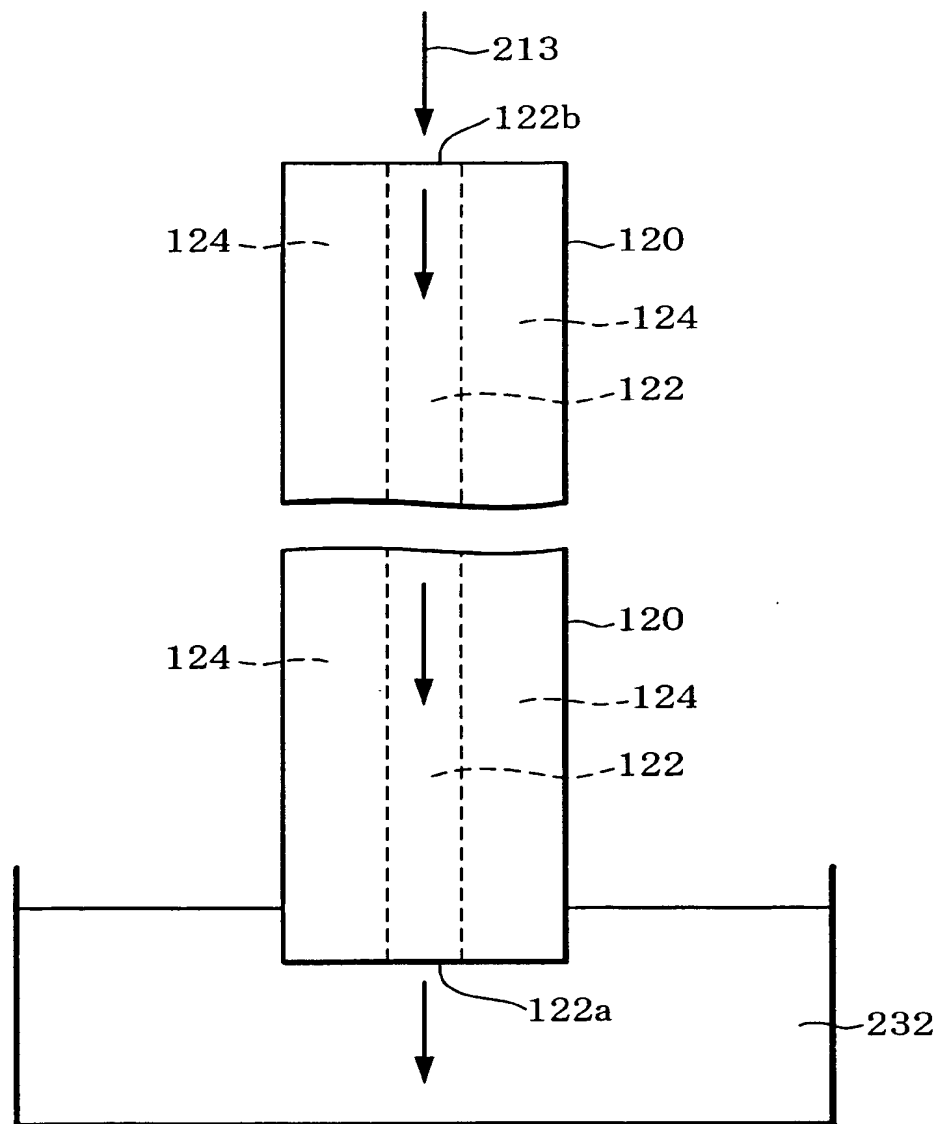
【図 2】



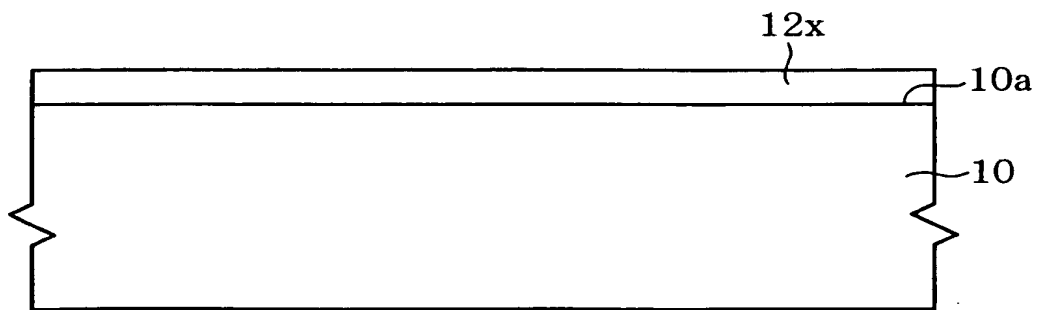
【図 3】



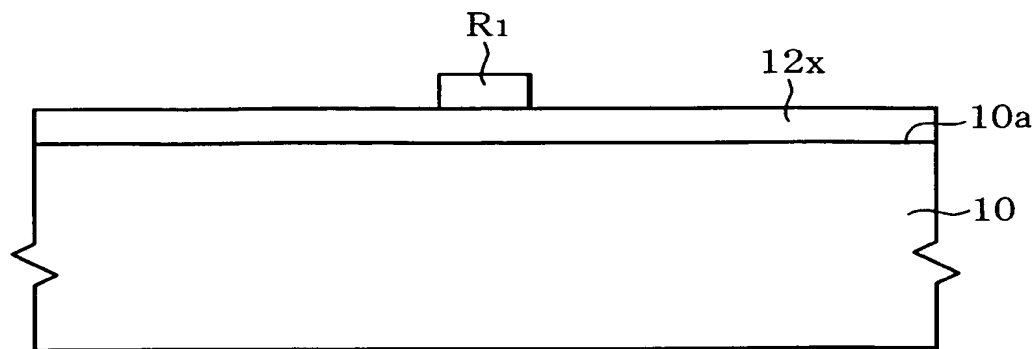
【図 4】



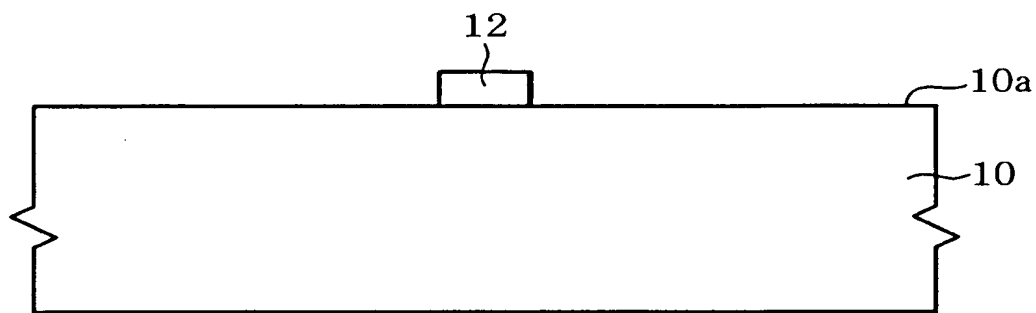
【図 5】



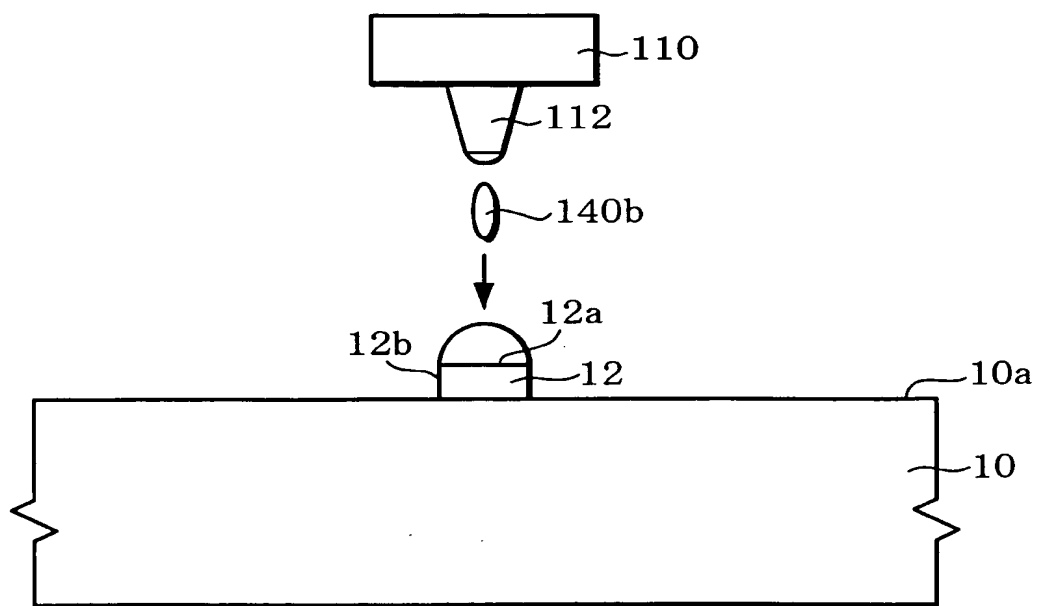
【図 6】



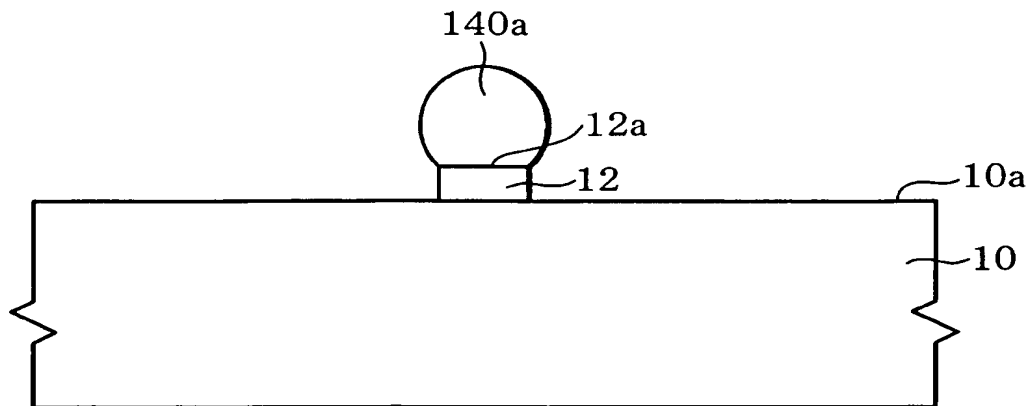
【図 7】



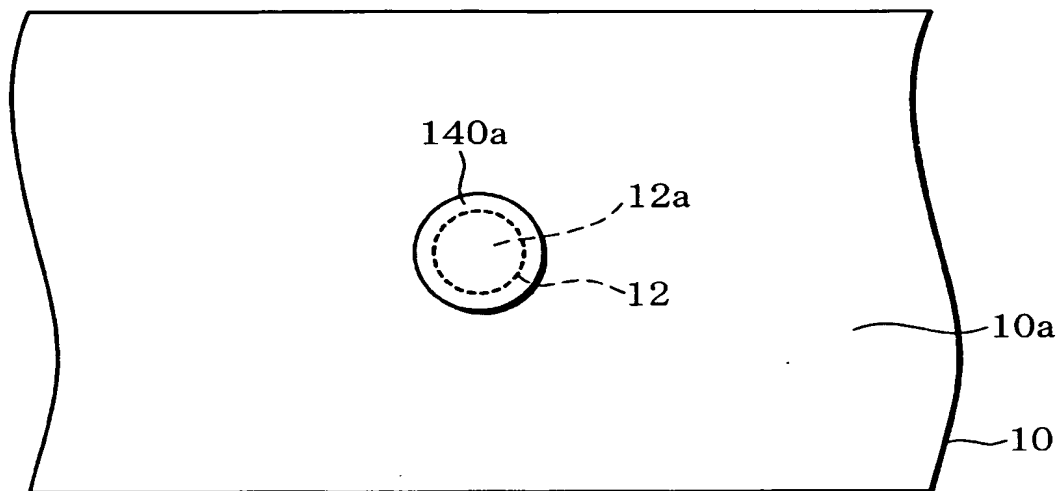
【図 8】



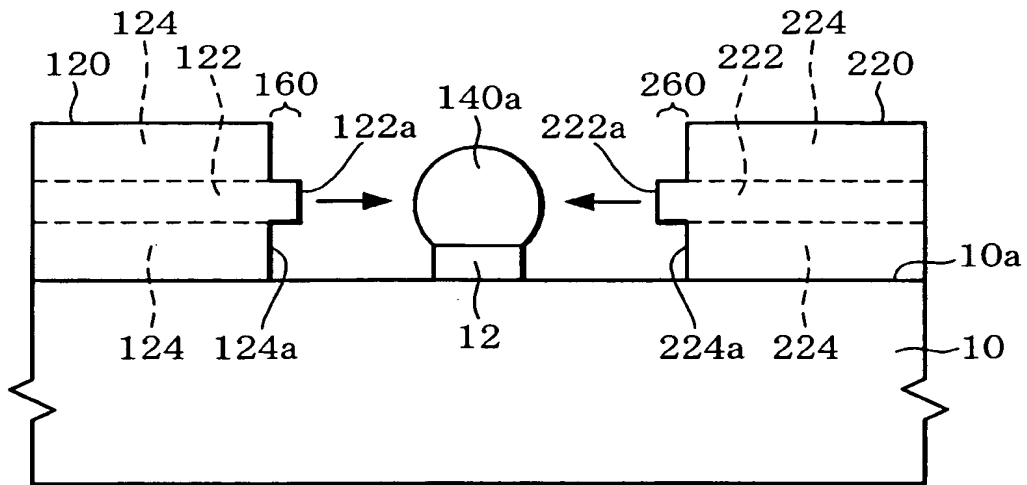
【図 9】



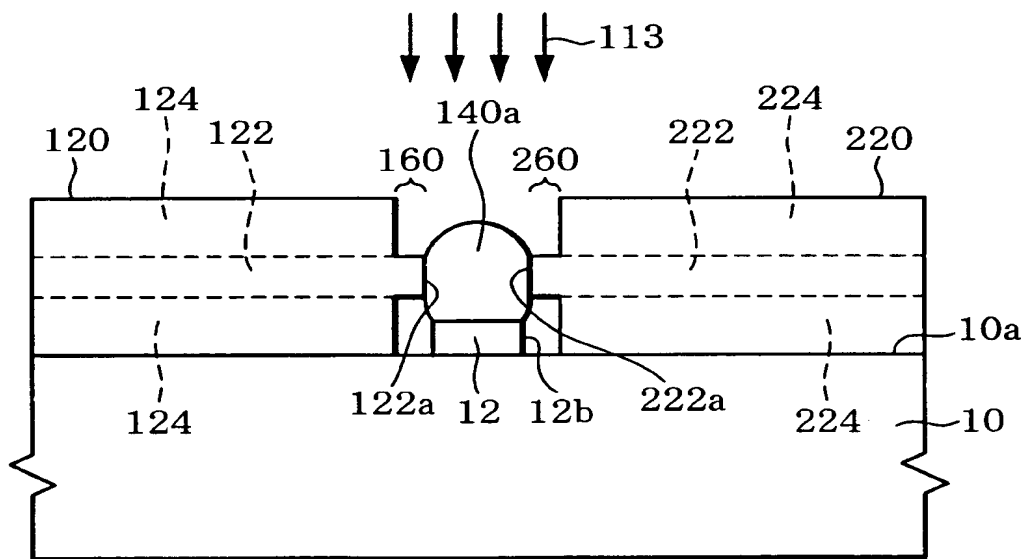
【図 10】



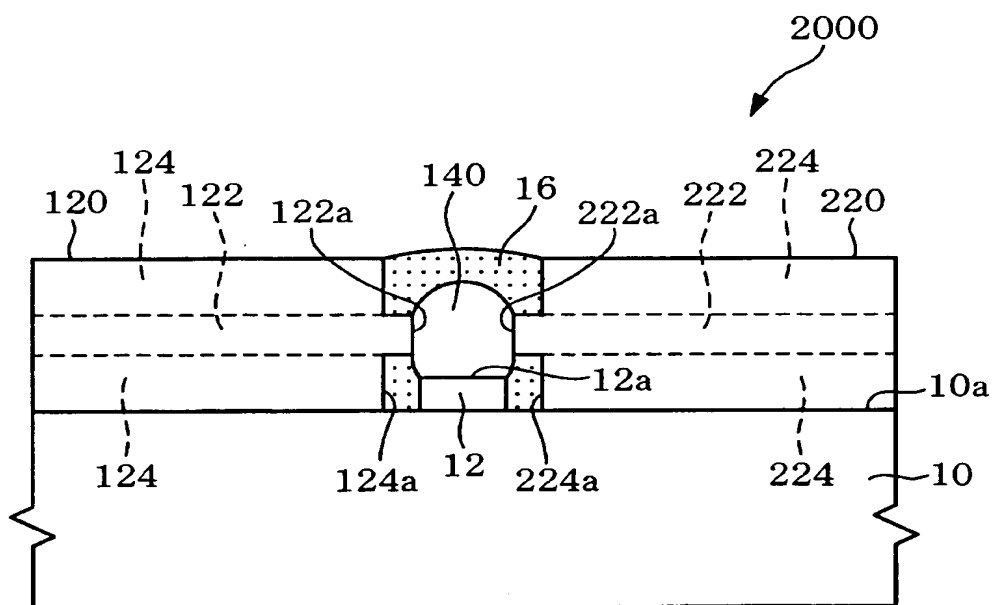
【図 11】



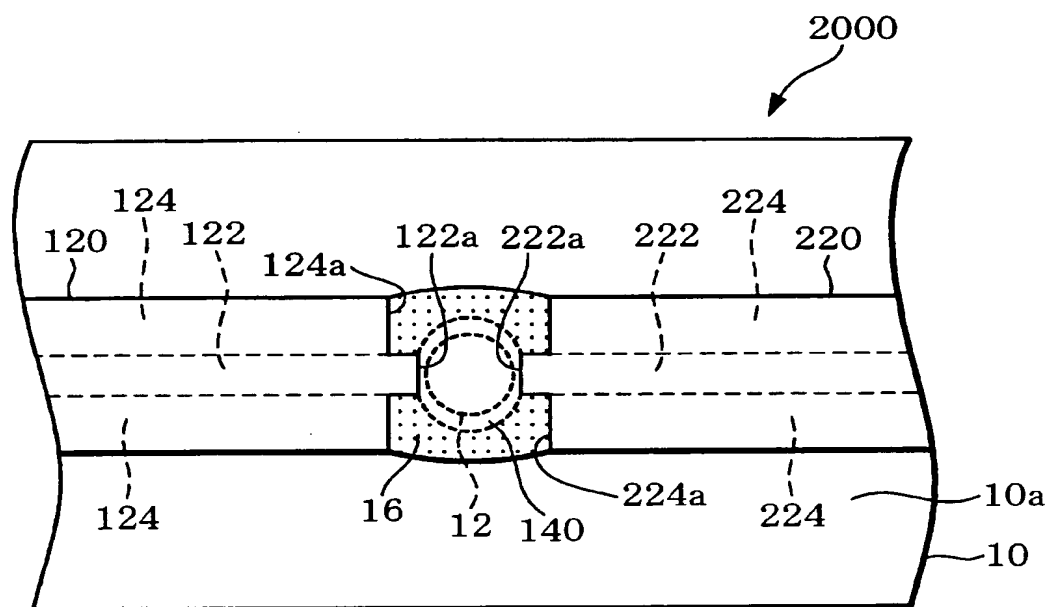
【図 12】



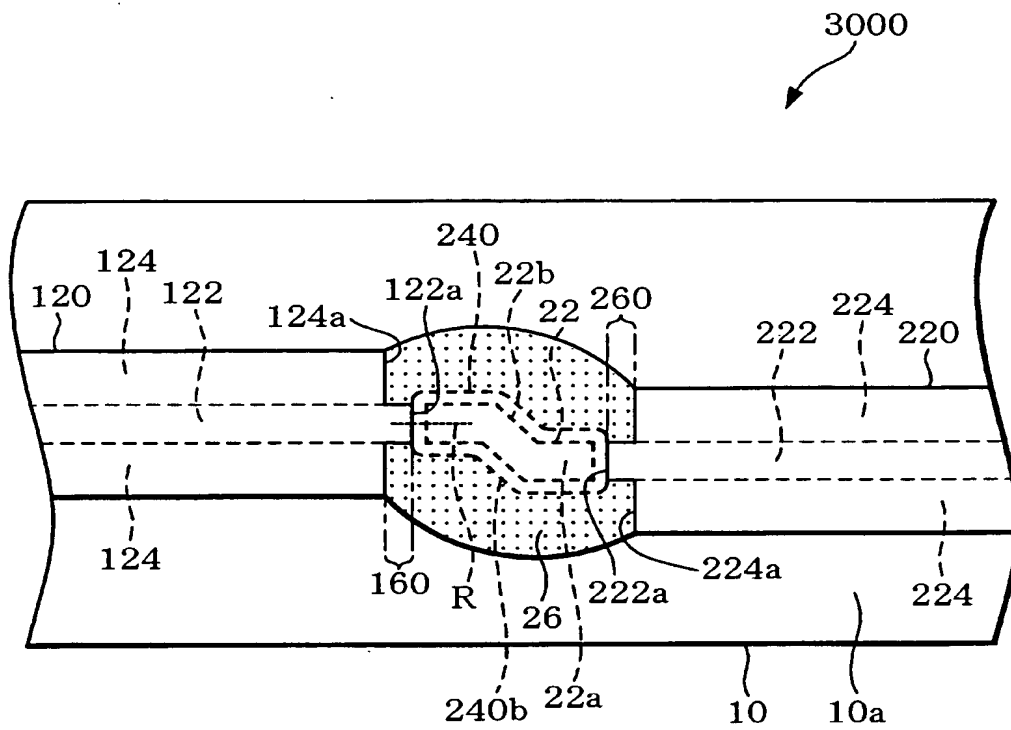
【図 13】



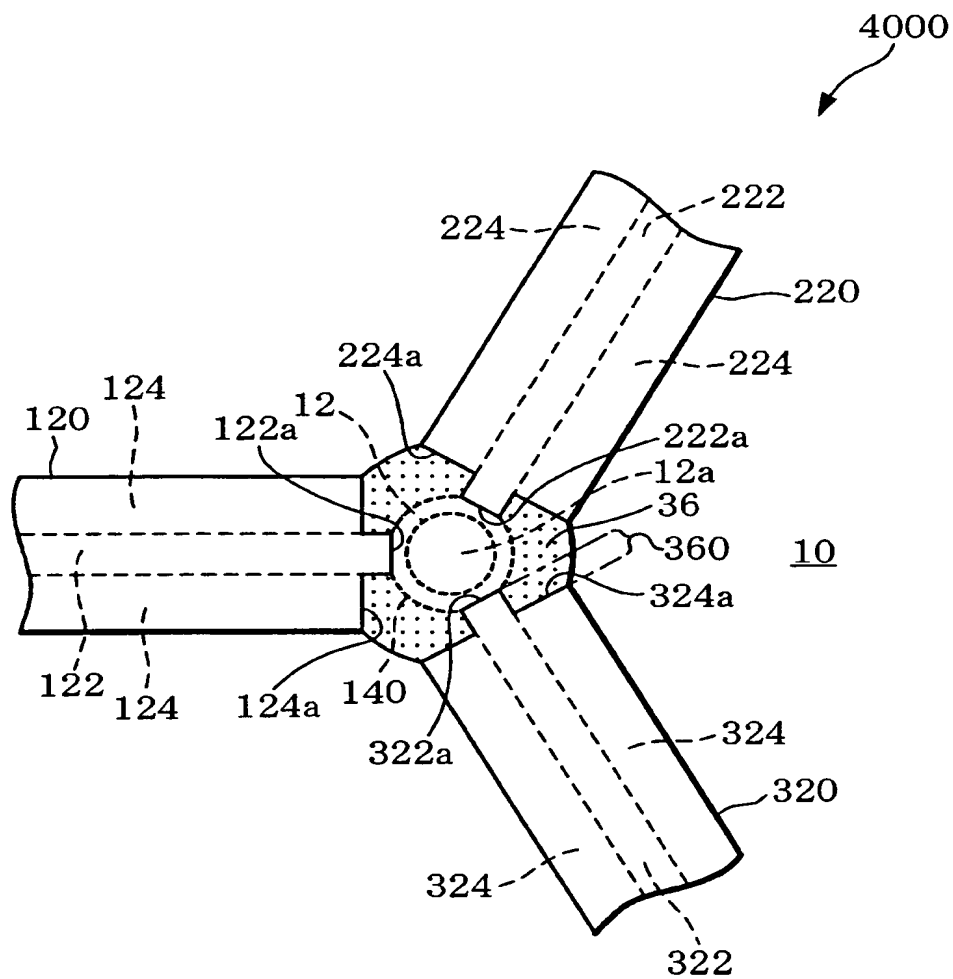
【図 14】



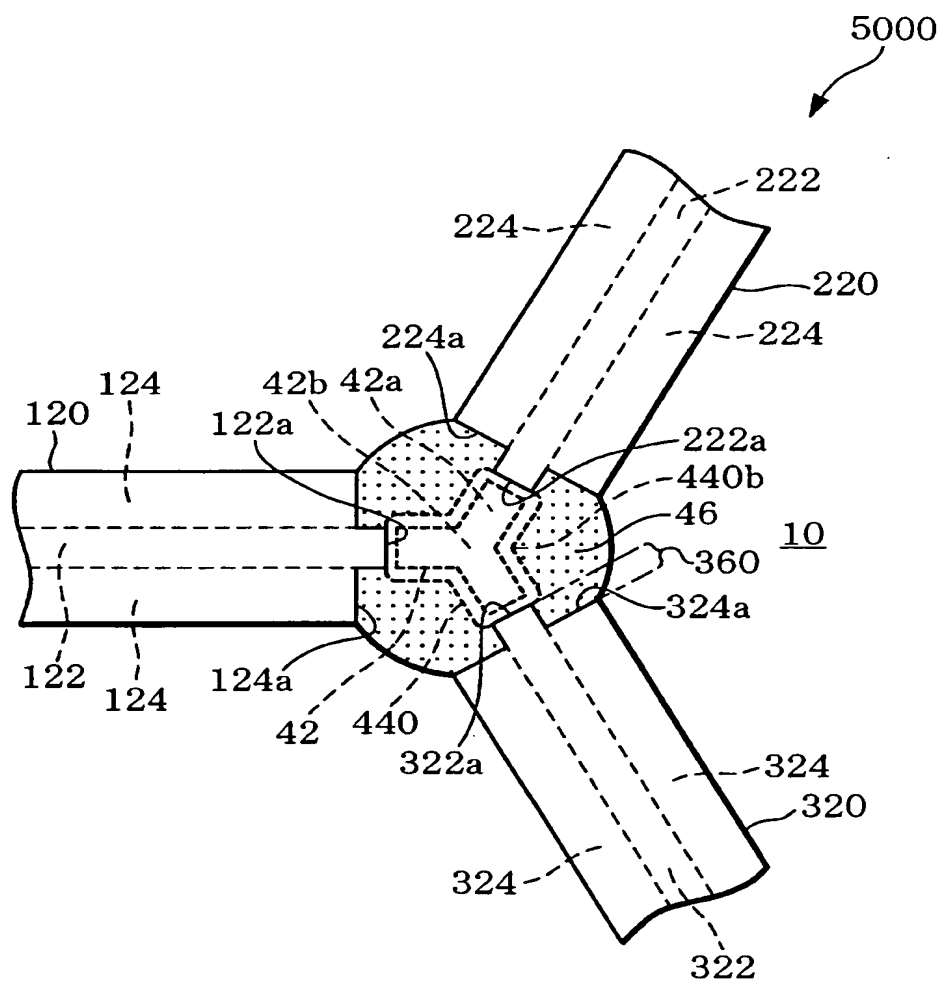
【図 15】



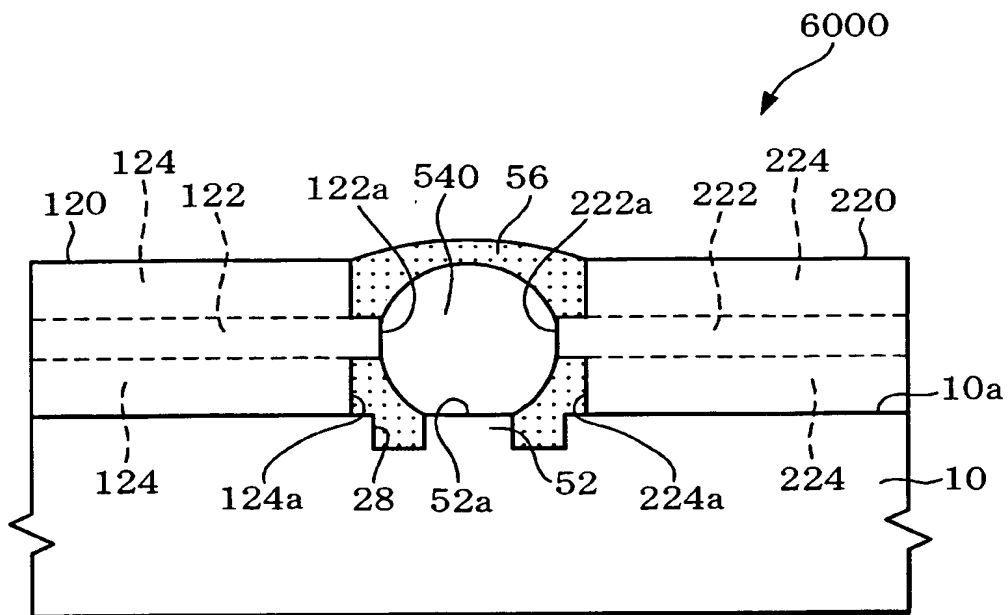
【図 16】



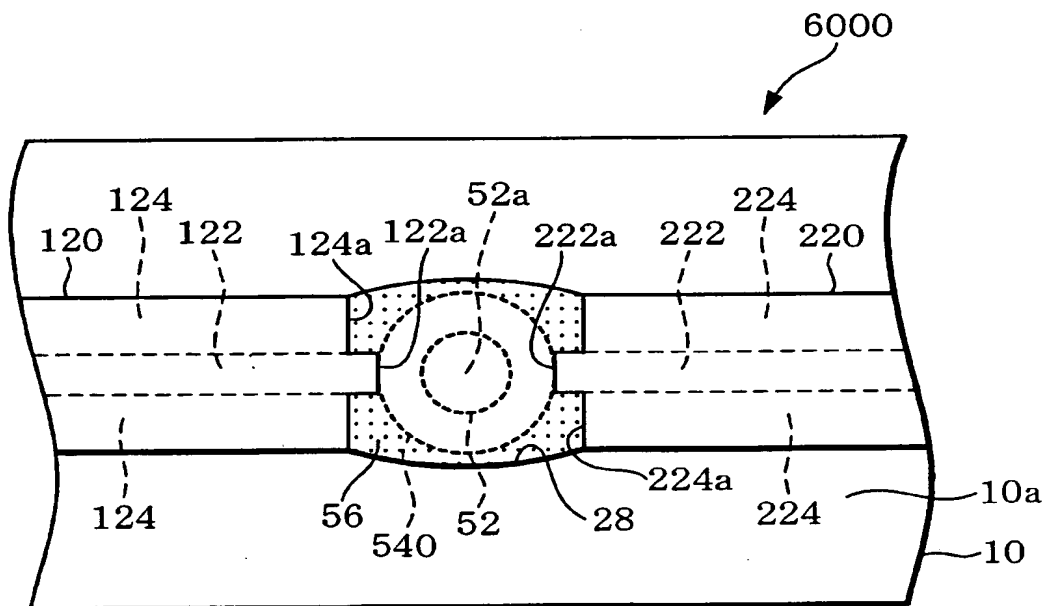
【圖 17】



【図 18】

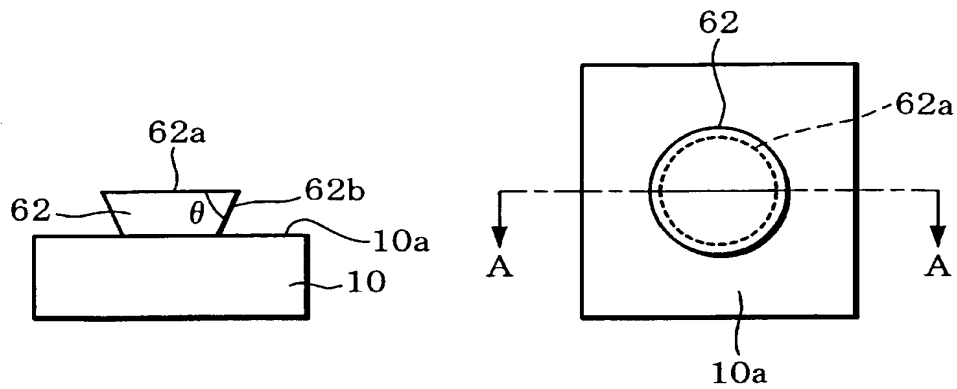


【図 19】

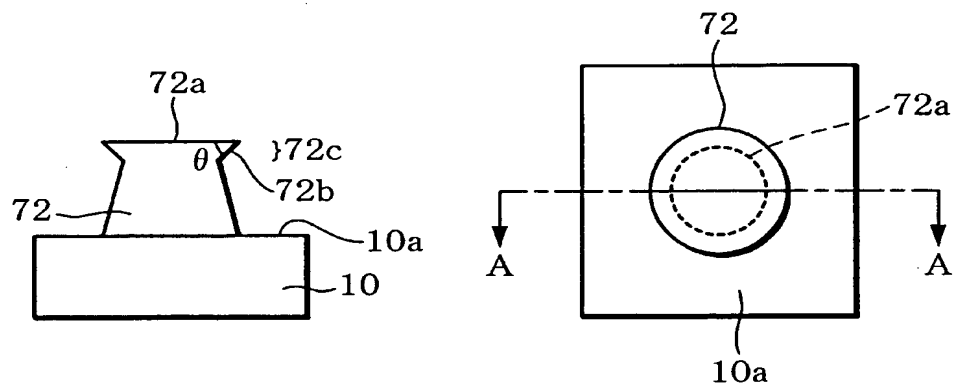


【図 20】

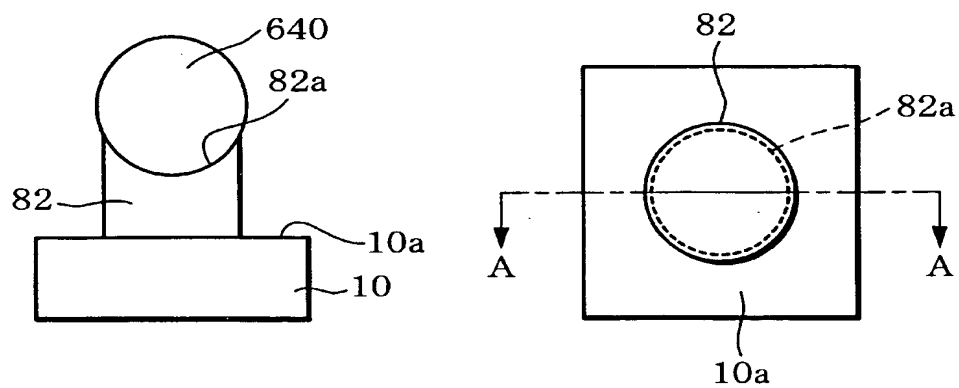
(a)



(b)



(c)





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光の伝達を確実に行なうことが可能な、光ファイバ間の結合構造および光ファイバ間の結合方法を提供する。

【解決手段】 本発明の光ファイバ間の結合構造 1 0 0 0 は、複数の光ファイバ 1 2 0, 2 2 0 と、基体 1 0 の上方に設けられた土台部材 1 2 と、土台部材 1 2 の上面 1 2 a 上に設けられ、複数の光ファイバ 1 2 0, 2 2 0 の各端面と接合された結合部 1 4 0 と、を含む。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 2 1 5 4 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
氏 名	セイコーエプソン株式会社